

自動化技術概要

機械技術者として、以下のことはしっかりと覚えてください

1. 制御システムについて

「自動生産装置などの自動制御システムには制御するものと制御されるものがあり、制御されるものを制御対象、制御するもの制御装置という。制御装置は、制御対象に働きかける操作部、制御対象の状況を知る検出部、装置の動作内容を決める調節部で構成され、実際の装置では、操作部として出力機器、検出部として入力機器、調節部として制御機器が使われる。

制御されるものの量を制御量といい、制御量の目標を目標値という。目標値と制御の差を偏差といい、偏差がゼロになるように制御する。

制御には、連続した値で制御する連続制御（定量的制御）と、二つの値で制御する二値制御（定性的制御）があり、連続制御としてフィードバック制御が、二値制御としてシーケンス制御がある。」

2. 電気・電子について

1) 電気概要

「全ての物質は電子、陽子、中性子で構成され、電子はマイナスの電気（電荷）を持っている。物質によっては電子を出しやすい物質があり、この放出された電子を自由電子という。

自由電子を動かす力のようなものを電圧といい、単位時間当たりの動いた電子の数を電流という。また、電子の動きやすさ（動きにくさ）を抵抗という。電流の単位として[A]、電圧の単位として[V]、抵抗の単位として[Ω]が使われる。電流 I、電圧 V、抵抗 R には $I = V / R$ の関係がある。これをオームの法則という。

物質によって電子の動きやすさは異なり、動きやすい物質を導体、動きにくい物質を絶縁体、その中間を半導体という。半導体としてシリコンなどがある。

2) 電源

「電気エネルギーを得るための電気の源として電源がある。電源には、流れる電流の方向が一定の直流電源と、電流の方向が入れ変わる交流電源がある。

電源から得られる電圧は決まっており（機械技術で使う電気の範囲では）、よく使われる電源として直流電源では DC24V、DC12V、DC5V などがある。また電源線を表す記号として V や P、G や N などが使われる。

交流電源では、家庭用の普通の AC100V、家庭用の大きな電圧の AC200V、工場などで大きなモータの駆動に使われる 3 相 3 線式 AC200V がある。また電源線を表す記号として AC100V では L、N が、AC200V では L1、L2、N が、3 相 3 線式 AC200V では R、S、T が使われる。」

3) 電線

「よく使われる日本の規格の電線として KIV 線、KV 線、VSF 線が、またアメリカの規格の電線として UL1007、UL1015 がある。電線として、複数の細い線がよられたより線がよく使われる。その太さは、日本の規格では断面積を使って表し、1.25mm²、0.75mm²、0.5mm² などが使われる。またアメリカの規格では AWG という記号を使って表す。」

4) スイッチ

「電流を流したり止めたりするものとしてスイッチがある。内部には金属で作られた部品が接したり離れたりすることによって電流を流したり（通電）止めたり（遮断）する機械式接点が入っており、接点には操作すると電流が流れる a 接点スイッチ、操作すると電流が流れない b 接点スイッチ、操作すると一方には流れ他方には流れない c 接点スイッチがある。a 接点スイッチには COM 端子、NO 端子があり、b 接点スイッチには COM 端子、NC 端子がある。c 接点スイッチは a 接点スイッチもしくは b 接点スイッチとして使うことができる。」

5) 能動部品

「電流の流れを妨げる電気部品として抵抗器がある。その種類としては、広く使われる単組被膜抵抗器、精度の良い金属皮膜抵抗器などがある。カラーコードによって抵抗値が表され、橙赤茶は 320Ω の抵抗である。電気を蓄える電気部品としてコンデンサがある。機械制御の場合、交流モータの駆動回路や電気ノイズの除去などで使われる。その種類としてセラミックコンデンサ、電解コンデンサなどがある。導線をらせん状に巻いた構造で、磁力を発生させる電気部品としてコイルがある。機械制御の場合、モータやリレーコイルなどで使われる。ON/OFF 時に一瞬だけサージ電流が流れ、これにより電気ノイズが発生する。」

6) 半導体部品

「シリコンなどの半導体に微量の不純物を混ぜ合わせるにより、性質が異なる P 型半導体と N 型半導体を作ることができる。ダイオードは P 型半導体と N 型半導体を接合した電子部品で、P 型から N 型にだけ電流が流れる働きがある。P 型半導体側の端子をアノード、N 型半導体側の端子をカソードという。いろいろな種類のダイオードがあり、機械制御では整流用ダイオードや発光ダイオード (LED) がよく使われる。トランジスタは、半導体の組み合わせにより NPN 型トランジスタと PNP 型トランジスタがある。ベース、エミッタ、コレクタの三つの端子があり、機械制御では直流機器の駆動の用途で使われる。日本では NPN 型トランジスタがよく使われ、エミッタ接地回路を組んで、ベース端子に信号を入力するとコレクタからエミッタに電流が流れるようになる。半導体部品にはほかに、トランジスタの代用として使われる FET、交流機器の駆動に使われるトライアック、発光ダイオードと光で動作するフォトトランジスタを組み合わせで電気ノイズを遮断する用途で使われるフォトカプラがある。デジタル IC はデジタルの電圧信号を別の電圧信号に変換する電子部品である。電圧信号として H/L 信号が使われる。デジタル IC として TTL IC、C-MOS IC がある。」

7) 図記号

直流電源 交流電源 c 接点スイッチ ダイオード LED NPN トランジスタ

3. 出力機器について

1) 出力機器

「出力機器に決められた電圧を印可すると正常に動作する。この電圧を定格電圧という。また、この時に流れる電流を定格電流という。」

表示用出力機器としてランプや LED が使われる。LED に直接電圧を印可すると電流が流過ぎて焼損するので、電流制限抵抗器を接続する。0~9 までの数字を表示する LED として 7 セグメント LED が使われる。モータとして、工場内の大型機械などで使われる三相誘導電動機、工場内の小型の機械や家電などで使われる AC モータ、自動車や玩具などで使われる DC ブラシモータ、簡易的な制御が可能なステッピングモータ、正確な制御が可能なサーボモータなどがある。三相誘導電動機の駆動用電源として 3 相 3 線式交流 200V、AC モータの駆動用電源として単相 2 線式交流 100V、DC ブラシモータの駆動用電源として直流 24V などが使われる。三相誘導電動機において、電動機からは 3 本の線が出ており、それぞれの線の記号として u、v、w が使われる。回転方向は任意の 2 本を入れ替えることにより切り替えることができる。単相交流モータ (AC モータ) において、モータを回転させるためにコンデンサが使われる。回転方向はコンデンサの接続の仕方によって切り替えることができる。DC ブラシモータにおいて、モータの回転方向は電源の極性を入れ替えることにより切り替えることができる。回転方向を切り替える回路として H ブリッジ回路がよく使われる。モータの回転速度を変える方法として、高速のパルス信号を使った PWM 制御が使われる。モータの回転方向として時計方向の回転を CW 回転、反時計方向の回転を CCW 回転という。モータの 1 秒当たりの回転数を表す単位として rps (s^{-1}) を使う。

電磁石を使った出力機器として、定格電圧をかけると直線運動をする直動ソレノイドがある。種類によってプッシュ型、プル型がある。」

2) 駆動部品

「出力機器の駆動部品には接点を使った有接点駆動部品と、半導体を使った無接点駆動部品がある。有接点駆動部品として、接点の最大電流が概ね 10A 程度以下のリレーと 10A 程度以上の電磁接触器（マグネットコンタクタ）がある。どちらも接点とコイルで構成され、コイルに定格電圧をかけることによって接点が動作する。大きな電流が流れる機器を駆動する場合、過電流が流れた時の熱の作用によって電流が遮断される熱動継電器（サーマルリレー）が使われる。電磁接触器と熱動継電器を組み合わせたものを電磁開閉器（マグネットスイッチ）という。

無接点駆動部品で使われる半導体部品（素子）として、直流出力機器の駆動にはトランジスタや FET が、交流出力機器の駆動にはトライアックなどが使われる。また、これらの部品と信号の絶縁を行うためのフォトカプラを組み合わせた半導体リレーも使われる。この部品は制御回路と駆動回路が電氣的に絶縁されているため、電気ノイズによる誤動作を防ぐことができる。

半導体駆動部品を使ってモータやソレノイドなどの誘導負荷を駆動する場合、ON/OFF時に生じるサージ電流によって部品を破壊する恐れがあるので保護回路をつける。

4. 入力機器について

「主な入力機器としてスイッチやセンサ、計測器などがある。スイッチは主に制御装置に対して動作内容を指示する用途で使われ、センサや計測器は制御対象の状態を知る（制御量の計測）用途で使われる。

入力機器から出力される信号として二値信号や連続信号があり、シーケンス制御では二値信号が、フィードバック制御では連続信号が使われる。

二値信号としては接点出力、オープンコレクタ出力、電圧出力がある。また連続信号としては電圧出力、電流出力がある。

装置の起動、動作切り替え、停止などを行うためのスイッチとして捜査スイッチが、各種設定を行うためのスイッチとしてディップスイッチがある。操作スイッチの動作として、操作している間だけ接点が通電するモーメンタリスイッチと、操作するたびに接点が通電/遮断を繰り返すオルタネートスイッチがある。

物体の位置や有無を検出するセンサとしてリミットスイッチ、光電センサ、近接センサなどがある。リミットスイッチは接触式で物体がレバーなどを操作することにより信号が出力される。光電センサは投光部と受光部があり、その配置により反射型光電センサと透過型光電センサの 2 種類がある。反射型光電センサは色の判別を行うこともできる。近接センサは検出原理により高周波型近接センサと静電容量型近接センサがあり、高周波型は金属の検出、静電容量型は金属、樹脂、木材、紙などの検出ができる。

制御量の計測に使われるセンサとして温度センサ、圧力センサ、流量センサ、変位センサなどがある。出力信号は連続したアナログ出力で、その出力として DC0～5V などの信号を出力する電圧出力と、DC4～20mA の信号を出力する電流出力がある。

5. 制御機器について

「制御方式には、連続した値で制御する連続制御と、二つの値で制御する二値制御があり、一般的に連続制御としてフィードバック制御が、二値制御としてシーケンス制御がる。

シーケンス制御で使われる制御機器として、有接点のリレーや無接点の PLC が使われる。有接点の制御機器として、時間の制御をするタイマや入力信号の数によって出力を制御するカウンタも使われる。無接点制御機器である PLC の中身はマイコンで、用意された仮想のリレー、タイマ、カウンタを使った制御回路をプログラムで組むものである。プログラムとして、有接点制御回路をそのままプログラムにしたラダー図などがある。

フィードバック制御で使われる制御機器として、かつてはオペアンプ（アナログ IC）などのアナログ電子部品を使って制御回路を組んでいたが、現在はコンピュータを使った制御機器が広く使われている。

規模の小さな自動化装置ではマイコン使われる。電圧の H/L 信号を入出力するもので、その入出力端子が直接マイコンと接続されているため電気ノイズに対して弱い。プログラム言語として C 言語が使われることが多い。

事務処理などで使われるパソコンは、制御用のインターフェイスを接続することにより制御機器として使うこ

とができる。インターフェイスとしてデジタル入出力インターフェイス、アナログ入出力インターフェイス、汎用通信インターフェイスなどがある。パソコンとインターフェイスの接続として、最近では USB を使う機器が多くなっている。」

6. 制御機器の入出力について

「制御機器の入力部の回路として、二値信号の入力の場合、マイコンの入力端子に電圧 H/L 信号を直接入力するものや、機械式接点を使った直流電流の ON/OFF 信号を入力するものがある。入力機器から出力される信号の仕様として、スイッチなどを使った接点出力、トランジスタを使ったオープンコレクタ出力、電圧出力などがある。制御機器と入力機器を接続するためには、仕様が異なる場合はプルアップ回路や電圧変換回路などを使って、入力機器と出力機器を接続する。

制御機器の出力部の回路として、二値信号の入力の場合、マイコンの出力端子から電圧 H/L 信号が出力されるものや、トランジスタを使って直流機器を ON/OFF するオープンコレクタ出力がある。マイコンからの信号で直接駆動できる出力機器は LED 程度しかなく、その他の機器の駆動にはトランジスタなどの駆動部品を使って駆動する。出力機器を駆動する半導体部品として、直流機器の駆動にはトランジスタや FET が、交流機器の駆動にはトライアックが使われる。またこれらの部品と信号絶縁のためのフォトカップラを組み合わせた半導体リレーも使われる。出力機器を駆動する有接点駆動部品として、定格電流が概ね 10A 程度以下の機器の駆動にリレーが、定格電流が概ね 10A 程度以上の機器の駆動には電磁接触器が使われる。」

7. 出力機器を駆動する電気回路図を以下に示す。なおスイッチ SW の許容電圧、許容電流は十分大きいものとする。

- 1) SW1 を操作すると LED (DC24V) が点灯する。
- 2) SW1 を操作すると AC ランプ (AC100V) が点灯する。
- 3) 三相誘導電動機 (3φ 3WAC200V) において、SW1 を操作すると電動機は正回転し、SW2 を操作すると電動機は逆回転する。なお、SW1、SW2 は 3 極 a 接点とし、SW1 と SW2 は同時に操作しないものとする。
- 4) AC モータ (AC100V) において、SW1 を操作するとモータは正回転し、SW2 を操作するとモータは逆回転する。なお、SW1、SW2 は 2 極 a 接点とし、SW1 と SW2 は同時に操作しないものとする。
- 5) DC ブラシモータ (DC24V) において、SW1 を操作するとモータは正回転し、SW2 を操作するとモータは逆回転する。なお、SW1、SW2 は 2 極 a 接点とし、SW1 と SW2 は同時に操作しないものとする。

8. 以下の動作をする駆動回路図を示す。

ただし、スイッチ SW は 1 極 c 接点のモーメンタリで、許容電圧 DC30V、許容電流 100mA とする。

センサ S1 は電源電圧 DC24V、オープンコレクタ出力 (NPN シンク電流式、a 接点動作、許容電圧 DC30V、許容電流 100mA) とする。

センサ S2 は電源電圧 DC24V、電圧出力 (動作時 DC24V、復帰時 0V) とする。

リレー R はコイル定格電圧 DC24V、リレースイッチは 4 極 c 接点で、許容電流および許容電圧は十分大きいものとする。

DC モータの定格は DC24V、1A、AC モータの定格は AC100V、2A、その他はカッコ () で指定された定格で動作するものとする。

- 1) SW1 を操作するとリレー R1 が動作し、R1 によって AC モータ M1 が回転する。
- 2) SW1 を操作するとリレー R1 が動作し、R1 によって電磁接触器 MC1 (コイル定格電圧 AC200V) が動作し、MC1 によって三相誘導電動機 (3φ 3WAC200V) が回転する。
- 3) S1 が検出しないと DC モータ M1 が回転し、S1 が検出すると M1 は停止する。ただし、M1 はトランジスタで駆動すること。
- 4) S1 が検出すると DC モータ M1 が回転する。ただし、M1 はトランジスタで駆動すること。
- 5) S1 が検出するとリレー R1 が動作し、リレーによって AC モータ M1 が回転する。
- 6) S1 が検出すると半導体リレー (電流制限抵抗なし) が動作し、DC モータ M1 が回転する。
- 7) S1 が検出すると半導体リレー (電流制限抵抗なし) が動作し、AC モータ M1 が回転する。

8) S2 が検出すると DC モータ M1 が回転する。ただし、M1 はトランジスタで駆動すること。

9. 以下の動作をする電気回路図を示す。ただしスイッチ SW は 4 極 c 接点、許容電圧および許容電流は十分大きいものとする。なお、使用するスイッチは SW1、SW2、SW3 の 3 個とする。リレーコイルおよび各出力機器の定格電圧は DC24V とする。

(それぞれは独立した回路とする)

- 1) SW1、SW2 を操作し、SW3 を操作していないとランプ L1 が点灯する。
- 2) SW1 を操作しない、または SW2 を操作しない、または SW3 を操作すると LED1 が点灯する。ただし、LED の電源電圧は DC24V とする。
- 3) SW1 を操作し、かつ SW2 と SW3 のどちらか一方もしくは両方を操作するとソレノイド SOL1 が動作する。
- 4) SW1 を操作せず、かつ SW2 と SW3 のどちらか一方だけを操作するとランプ L1 および定格電圧 AC100V のランプ L2 が点灯する。なお、L2 はリレー R1 で駆動するものとする。

10. PLC の入出力回路を示す。

PLC の入力仕様はシンク電流方式、出力は NPN シンク電流式オープンコレクタ出力で、許容電圧 DC30V、許容電流 500mA とする。

- 1) スイッチ SW1 の ON/OFF 信号を PLC に入力。
- 2) センサ S1 の出力信号を PLC に入力。ただし、センサは電源電圧 DC24V、NPN シンク電流式オープンコレクタ出力とする。
- 3) センサ S1 の出力信号を PLC に入力。ただし、センサは電源電圧 DC24V、電圧出力 (DC0/24V) とする。なお、センサの出力が H のときに入力 OFF になっても良いこととする (動作反転可)。
- 4) PLC からの出力で LED (DC24V) を点灯
- 5) PLC からの出力でトランジスタを使って DC モータを駆動 (DC24V、定格電流 2A)。ただし、出力が ON の時にモータが回転しても、OFF の時に回転しても、どちらでもよい。
- 6) PLC からの出力でリレー (コイル DC24V) を駆動し、そのリレーで AC モータを駆動 (AC100V)

11. マイコンの入出力回路を示す。

マイコンの入力仕様は DC0/5V、マイコンからの出力電圧は DC0/5V。

- 1) スイッチ SW1 の ON/OFF 信号をマイコンに入力。
- 2) センサ S1 の出力信号をマイコンに入力。ただし、センサは電源電圧 DC24V、NPN シンク電流式オープンコレクタ出力とする。センサの出力が ON のときにマイコンに L が入力されても良いこととする (H/L 反転可)。
- 3) センサ S1 の出力信号をマイコンに入力。ただし、センサは電源電圧 DC24V、電圧出力 (DC0/24V) とする。なお、センサの出力が H のときにマイコンに L が入力されても良いこととする (H/L 反転可)。
- 4) マイコンからの出力信号で LED (DC5V) を点灯
- 5) マイコンからの出力信号でトランジスタを使って DC モータ (DC24V) を駆動。
- 6) マイコンからの出力信号でトランジスタを使ってリレーを駆動 (コイル DC24V) し、そのリレーで AC モータ (AC100V) を駆動